

ENERGIE.....

Ausgabe 2/2008

Perspektiven

Forschung für die Energieversorgung von morgen



Die Regenwälder – hier im Amazonasgebiet in Brownsberg/Surinam – reinigen die Erdatmosphäre

Klimaschutz

Regenwald – Waschküche der Atmosphäre

Foto: Max-Planck-Institut für Chemie

Dass die Tropen die Atmosphäre reinigen und das globale Klima regeln, ist lange bekannt. Forscher des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz haben nun herausgefunden, dass die Säuberungskraft der natürlichen Atmosphäre sogar noch größer ist als bisher angenommen. Mit einem Forschungsflugzeug untersuchten sie die Luft über dem unberührten Regenwald Amazoniens. Sie fanden eine unerwartet

hohe Konzentration von Hydroxyl-Radikalen – sehr reaktionsfreudige Moleküle, die schädliche Spurengase aus der Atmosphäre entfernen. Mit bisherigen Vorstellungen war dies nicht vereinbar. Bislang ging man nämlich davon aus, dass die im Regenwald freigesetzten großen Mengen an Kohlenwasserstoffgasen die Hydroxyl-Radikale verbrauchten.

EDITORIAL

Biomasse, Sonne, Wasser und Wind lieferten 2007 in Deutschland beachtliche 67 Terawattstunden Strom, der den Erzeugern – dem Erneuerbare-Energien-Gesetz entsprechend – mit knapp 8 Milliarden Euro vergütet wurde. Den Wert des eingesparten konventionell erzeugten Stroms abgezogen, blieben so Förderkosten von 4,3 Milliarden Euro auf die Stromkunden umzulegen: rund ein Cent pro verbrauchter Kilowattstunde. Um 2,5 Prozent stieg im Vorjahresvergleich der Anteil des so geförderten Ökostroms am Bruttostromverbrauch. Mit wachsendem Erfolg wird jedoch die Netzintegration des schwankenden Energieangebots (S. 2) immer problematischer: Einzelförderung muss in Systemförderung übergehen.

Die Redaktion

Ergänzt werden die gedruckten Kurzbeiträge durch weiterführende Artikel im World-Wide Web.

chen: Pflanzen und Bäume erzeugen mehr als eine Milliarde Tonnen flüchtiger organischer Verbindungen pro Jahr, darunter vor allem Isopren. Die neuen Messungen sowie Laborexperimente zeigen nun, dass natürliche chemische Prozesse die nützlichen Radikale sehr effizient wiederherstellen: In unberührter Atmosphäre, so nehmen die Forscher um Professor Jos Lelieveld an, sorgt hierfür die Oxidation des Isoprens. Ganz an-

ders aber in verschmutzter Luft mit höheren Gehalten an Stickoxiden: Hier führt diese Oxidation zum photochemischen Smog – Ozon und andere Schadstoffe entstehen. Die Ergebnisse sind von großer Bedeutung für die Entwicklung von Rechenmodellen für die Luftqualität. Zugleich sind sie beunruhigend: Je weiter die Abholzung des Regenwaldes und die Entwicklung von Landwirtschaft, Städten und Industrie in den Tropen fortschreitet,

umso stärker sinkt hier die natürliche Selbstreinigungskraft der Luft. Die Verunreinigungen nehmen zu und tragen zum Klimawandel bei. „Ohne den Einfluss des Menschen jedoch hält der Wald in bemerkenswerter Weise das Gleichgewicht mit seiner atmosphärischen Umgebung aufrecht“, ist Lelieveld überzeugt. mk/ba/imi

➔ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

Teil 3

Wasserstoff-Speicher



Foto: Fachhochschule Lübeck

Energiequellen wie Wind oder Sonne liefern ein schwankendes Leistungsangebot. Um das Stromnetz stabil zu halten, muss die Bilanz zwischen Energieangebot und -nachfrage daher stets durch steuerbare Leistung ausgeglichen werden. Besonders trifft dies die windreichen nördlichen Bundesländer, wo sich der fluktuierende Windstrom im Netz schon heute massiv bemerkbar macht. Verschärft wird sich das mit dem geplanten Aufbau großer Windparks auf See.

Große Energiespeicher könnten die Windenergie netzverträglicher machen. Bei Flaute käme die fehlende Energie aus dem Speicher, bei Wind-Überangebot würde er wieder aufgefüllt. Die für die Netzregelung benutzten Pumpspeicher reichen

- Bis zu 10 Kilowatt liefern die
- Windräder auf dem Dach der
- Fachhochschule Lübeck.
- Elektrolyseur, Wasserstoffspei-
- cher und Brennstoffzellen glät-
- ten dann das Stromangebot

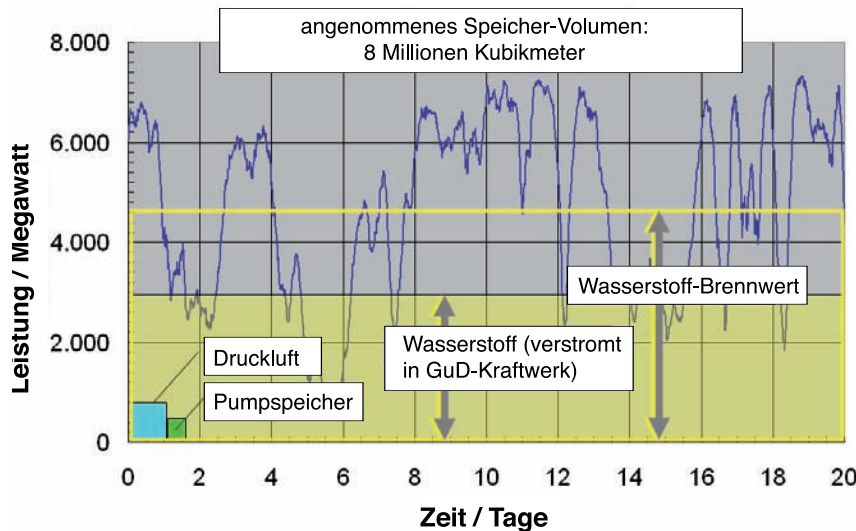
jedoch schon heute nicht mehr aus und fossile Kraftwerke springen ein: „Für den deutschlandweiten Ausgleich einer typischen viertägigen Windflaute müsste man den Bodensee auf das Niveau der Zugspitze pumpen,“ erklärt Dr. Roland Hamelmann von der Fachhochschule Lübeck. Unter seiner Leitung entstand im Auftrag des Wirtschaftsministeriums in Schleswig-Holstein eine Studie zur Dämpfung der Netzbelastung. Ihr Fazit: Von den großen Stromspeichern – Druckluft-, Pump- oder Wasserstoffspeicher – kann nur

die chemische Energiespeicherung durch Wasserelektrolyse ausreichende Kapazität bieten.

Hierbei soll überschüssiger Windstrom benutzt werden, um Wasser elektrolytisch in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zu zerlegen. Wasserstoff ist ein sehr kompaktes Speichermedium – pro Kubikmeter kann er rund 100-mal mehr Energie speichern als Wasser in einem Pumpspeicher, 30-mal mehr als Druckluft. Lagern ließe sich das komprimierte Gas untertage in großen Salzkavernen, wie sie als Erdgas-Speicher auch in Deutschland genutzt werden. Zur Rückverstromung sind Brennstoffzellen, Blockheizkraftwerke oder Gasturbinen denkbar.

Verzichtet man auf die Rückwandlung, könnte der erzeugte Wasserstoff im Verkehr genutzt oder – dem Erdgas beigemischt – direkt in das Gasnetz eingespeist werden. So ließen sich zwar nicht Schattenkraftwerke, wohl aber aufwändige Netzausbauten zum Ableiten der Windstrom-Spitzen vermeiden.

Bis alles funktioniert, ist weitere Forschung für die Systemtechnik nötig. Kleine Demonstrationsanlagen gibt es schon: So wird seit 2007 der von zwölf Windrädern auf dem Dach der Fachhochschule Lübeck erzeugte Strom – maximal 10 Kilowatt – durch einen Elektrolyseur geglättet. In einem Speicher vorgehalten, wird der Wasserstoff bei Bedarf mit Brennstoffzellen in elektrischen Strom zurückverwandelt. „Mit der kleinen Anlage wollen wir Betriebserfahrung sammeln, um die benötigten Technologien zu optimieren“, sagt Roland Hamelmann. Ein größeres Pilotprojekt plant das Brandenburger Unternehmen Ener-



Windeinspeisung in das E.ON-Netz für 20 Tage im Frühjahr 2007. Wasserstoff-Speicher (hellgrün) könnten den schwankenden Verlauf erheblich glätten, die Reichweite von gleich großen Druckluft- bzw. Pumpspeichern (blau bzw. grün) fiele dagegen kaum ins Gewicht.



schaftlich denkend würden Energieversorger keine Windkraft zur Stromgestehung einsetzen, sondern den vorhandenen Kraftwerkspark optimieren. Auch Regelenergie sei mit konventionellen Kraftwerken – etwa Gasturbinen – günstiger bereitzustellen als mit Wasserstoff. Hier dürfe man aber, wie beim Verursacher der Problematik, nicht betriebswirtschaftlich rechnen. Zur Finanzierung seien stattdessen Mechanismen denkbar wie im Erneuerbare-Energien-Gesetz: „Beispielsweise könnte bedarfsgerecht eingespeister Windstrom höher vergütet werden als unregelmäßig angebotener“.

➡ Weiteres:
www.energie-perspektiven.de

trag: Ab Ende 2008 sollen in Prenzlau drei Windräder einen 400 Kilowatt-Elektrolyseur versorgen, der mit einem oberirdischen Wasserstoff-Speicher gekoppelt ist. Je nach Nachfrage gelangt der Windstrom entweder direkt zum Verbraucher oder wird als Gas zwischengespeichert. Wenn die Preise an der Strombörse hoch sind, wird es in Strom zurückverwandelt. In großem Maßstab eingesetzt, könnten Wind-Wasserstoff-Systeme so selbst zu Regelkraftwerken werden, die auf Lastspitzen oder -senken im Netz reagieren. Nur dann, meint die Lübecker Studie,

könnte Offshore-Windkraft fossile oder nukleare Kraftwerke wirklich ersetzen. Allerdings sind die Energieverluste bei der doppelten Umwandlung erheblich, entsprechend liegt der Wirkungsgrad mit knapp 30 Prozent viel niedriger als bei Pump- und Druckluftspeichern. Eine betriebswirtschaftliche Kostenbetrachtung sei aber ohnehin nicht angemessen, so die Studie: „Da die massive Integration von Windkraft in das Stromnetz volkswirtschaftlich durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz stimuliert wurde, ist dieser Maßstab auch bei der Speichertechnologie anzulegen“. Betriebswirt-

Klimaschutz

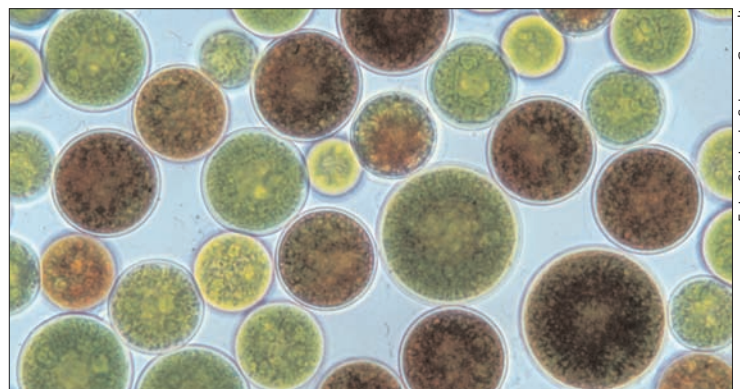
Kohlendioxid-Fresser Alge

Die Idee klingt bestechend einfach: Baue einen Algenreaktor neben ein herkömmliches Kraftwerk, und die Algen verwenden das ausgestoßene Kohlendioxid für ihr Wachstum. Zusätzlich liefern sie Energie in Form von Biogas, Biodiesel oder Öl. Sind Algen die Lösung, um unsere Kohlendioxid-Emissionen einzudämmen?

Vieles spricht für die Wasserpflanzen: Sie sind hocheffiziente Kohlendioxid-Verwerter, weil alle ihre Zellen Photosynthese betreiben. Bei anderen Pflanzen tragen nur die Zellen der grünen Blätter zur Koh-

lendioxid-Aufnahme bei. Zum Wachsen brauchen Algen Licht, Kohlendioxid, Wasser und Nährstoffe, aber keinen Ackerboden wie andere Energiepflanzen. Algenreaktoren stehen auch nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und können ökologisch unbedenklich auf wertlosen Böden gebaut werden. Algen liefern hochwertige Biomasse mit höherer Energieaus-

beute als andere Pflanzen. Gezüchtet mit Kohlendioxid aus Kraftwerken und als Biogas weiterverwertet, erhöhen sie die gewonnene Energie relativ zum emittierten Kohlendioxid. Wirtschaftlich in großem Stil hergestellt, wären sie perfekte Biomasselieferanten. In Hamburg macht ein Pilotprojekt den Praxistest: Seit Ende 2007 wächst neben einem Heizkraftwerk



Algen können hochwertige Biomasse produzieren

Foto: Strategic Science Consult

von E.ON Hanse die Alge „Chlorella Hamburgensis“. Bis zu 80 Prozent des Kohlendioxid aus den Kraftwerksabgasen kann sie aufnehmen. Das Herzstück der Anlage sind Photobioreaktoren: große, flache Kunststoffschalen, zwischen denen sich die Algensuppe befindet. Eine optimale Lichtversorgung aller Algenzellen ist der wichtigste Wachstumsfaktor und die größte Herausforderung bei der Konstruktion solcher Reaktoren. Ab 2009 soll „Chlorella Hamburgensis“ auf einer Fläche von einem Hektar rund 450 Tonnen Kohlendioxid jährlich aufnehmen. Projektleiter Martin Kerner von Strategic Science Consult schätzt, dass dabei etwa 150 Tonnen Biomasse entstehen. Er sieht für Algen eine viel versprechende Zukunft: „Neue Kraftwerke werden da gebaut werden, wo große Flächen und gute Bedingungen für Algenreaktoren bestehen. Biogasanlagen werden sich an den Rohstoff Alge anpassen und effizienter werden“. Auf technische Weiterentwicklungen der Reaktoren

Blick in das Jahr 2100

Ein Fusionskraftwerk soll auf ähnliche Weise Energie gewinnen wie die Sonne, aus der Verschmelzung von Atomkernen. Aber wie funktioniert das? Wo auf dem Weg zu einem Kraftwerk steht die Forschung heute? Wie soll ein Kraftwerk aussehen? In neun Minuten will dies der Film „Energie der Zukunft. Fusion 2100“ auf ebenso unterhaltsame wie informative Weise erklären: Eine Schulklasse im Jahr 2100 vollzieht rückblickend nach, wie die Entwicklung der Energiequelle Fusion verlaufen ist. Der Film wurde vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Union herausgegeben. Er ist in deutscher, englischer, französischer, italienischer und spanischer Sprache erschienen und kann kostenfrei im Internet herunter geladen werden.



Foto: IPP

setzt Kerner weniger – „irgendwann werden sie zu teuer“. Zur Optimierung werde eher nach effizienteren Algensorten gesucht. Der Traum von der endgültigen Kohlendioxid-Vernichtung allerdings wird wohl einer bleiben: Die Algen bräuchten eine Fläche von 8000 Quadratkilometern oder halb

Schleswig-Holstein, um die 350 Millionen Tonnen Kohlendioxid pro Jahr zu binden, die deutsche Kraftwerke heute emittieren.

Christine Rüth

➔ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

Photovoltaik

Solarzellen im Siebdruck

Ein neuartiges Farbstoff-Solarmodul wurde vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg zusammen mit Industriepartnern entwickelt. Kern ist ein organischer Farbstoff, der in Kombination mit Nanopartikeln Sonnenlicht in Strom umwandelt. Die winzigen Nanopartikel machen die Solarmodule halb

transparent. Die hauchdünne stromerzeugende Schicht liegt zwischen zwei Glasscheiben und wird im Siebdruck aufgetragen. Unterschiedliche Farben und sogar Motive seien so herstellbar. Damit öffnen sich neue Anwendungsmöglichkeiten: Statt den Stromerzeuger aufs Dach zu montieren, kann man ihn in Glasfassaden integrieren. „Wir sehen die Farbstoff-Solarzelle nicht als Konkurrenz zur herkömmlichen Siliziumzelle“, sagt ISE-Physiker Dr. Andreas Hinsch. Die Modulprototypen erreichen nämlich nur einen

Wirkungsgrad von vier Prozent – im Vergleich zu kristallinen Siliziumsolarzellen auf dem Dach noch sehr wenig. Stattdessen kann das neue Solarmodul der dekorativen Fassadengestaltung dienen, schützt die Räume vor direkter Sonneneinstrahlung und erzeugt dabei auch noch Strom. Dauertests haben gezeigt, dass die Zellen auch nach mehreren tausend Stunden voll funktionsfähig sein können. Eine Zertifizierung der Langzeitstabilität steht allerdings noch aus.

bal

➔ *Weiteres:*
www.energie-perspektiven.de

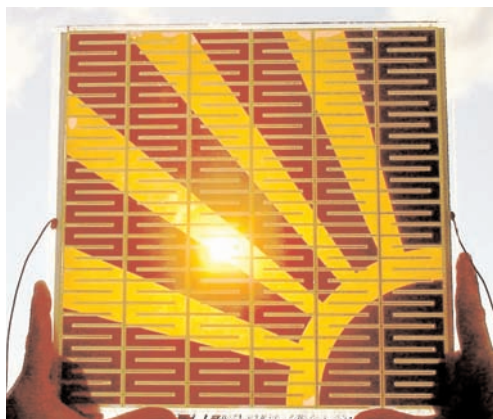


Foto: Fraunhofer ISE

Farbstoff-Solarmodule lassen sich in Glasfassaden integrieren: Sie schützen das Gebäude vor störender direkter Sonneneinstrahlung und produzieren zugleich Strom.

IMPRESSUM

Herausgeber:
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Postfach 1322, 85741 Garching
Tel.: (089) 3299-1288
Fax: (089) 3299-2622
E-Mail: info@ipp.mpg.de
Redaktion: Isabella Milch
Gestaltung: Dagmar Aalden
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier
9. Jahrgang 2008
Nächste Ausgabe: September 2008
Abonnement:
www.energie-perspektiven.de
ISSN 1438-5708